

## Device and method for regulating the energy supply for ignition in an internal combustion engine

Patent Number: US2003089353  
Publication date: 2003-05-15  
Inventor(s): GERHARDT JUERGEN (DE); HAUSSMANN MARTIN (DE)  
Applicant(s):  
Requested Patent: DE10012956  
Application Number: US20020239044 20021227  
Priority Number(s): DE20001012956 20000316  
IPC Classification: F02P9/00  
EC Classification: F02P3/05B  
Equivalents: EP1266136, WO0169079

### Abstract

A device for regulating the energy supply for the ignition of an internal combustion engine having an ignition coil and a central control unit (16) is proposed, the ignition coil having a primary winding (4) and an ignition power module (13) connected to the primary winding (4). The central control unit ascertains a time difference between the beginning of current flow through the primary winding (4) and the reaching of a first threshold value of the primary current, and in the light of the time difference, the central control unit (16) determines an additional power loss of the ignition power module (13) and/or active energy reduction, caused by interturn short circuits in the primary winding (4). When the additional power loss of the ignition power module (13) exceeds a power loss threshold value, the ignition power module is switched off. The active energy is preferably regulated via the dwell time with the aid of a regulating unit (163) of central control unit (16), an attempt being made to minimize the active energy reduction

Data supplied from the esp@cenet database - I2

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 100 12 956 A 1**

⑤① Int. Cl. 7:  
**F 02 P 17/00**

②① Aktenzeichen: 100 12 956.0  
②② Anmeldetag: 16. 3. 2000  
④③ Offenlegungstag: 20. 9. 2001

DE 100 12 956 A 1

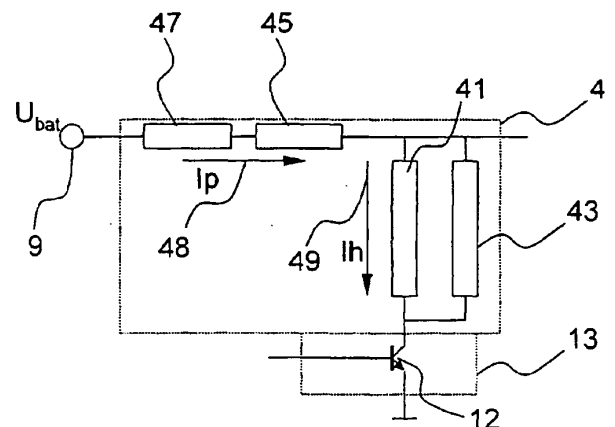
⑦① Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑦② Erfinder:  
Gerhardt, Juergen, 71739 Oberriexingen, DE;  
Haussmann, Martin, 74343 Sachsenheim, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑤④ Vorrichtung und Verfahren zur Regelung des Energieangebots für die Zündung einer Brennkraftmaschine

⑤⑦ Es wird eine Vorrichtung zur Regelung des Energieangebots für die Zündung in einer Brennkraftmaschine mit einer Zündspule und einer Zentralsteuereinheit (16) vorgeschlagen, wobei die Zündspule eine Primärwicklung (4) und eine mit der Primärwicklung (4) verbundene Zündendstufe (13) aufweist. Durch die Zentralsteuereinheit (16) wird eine Zeitdifferenz zwischen Beginn des Stromflusses durch die Primärwicklung (4) und Erreichen eines ersten Schwellwertes des Primärstroms ermittelt und anhand der Zeitdifferenz eine durch Windungsschlüsse in der Primärwicklung (4) hervorgerufene zusätzliche Verlustleistung der Zündendstufe (13) und/oder eine Wirkenergie-reduktion bestimmt. Wenn die zusätzliche Verlustleistung der Zündendstufe (13) einen Verlustleistungsschwellwert überschreitet, wird die Zündendstufe abgeschaltet. Anhand einer Regeleinheit (163) der Zentralsteuereinheit (16) wird die Wirkenergie vorzugsweise über die Schließzeit geregelt, wobei eine Minimierung der Wirkenergie-reduktion angestrebt wird.



DE 100 12 956 A 1

## Beschreibung

## Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einer Vorrichtung und einem Verfahren zur Regelung des Energieangebots für die Zündung in einer Brennkraftmaschine nach der Gattung der unabhängigen Ansprüche. Es ist schon eine Vorrichtung bzw. ein Verfahren zur Regelung des Energieangebots für die Zündung in einer Brennkraftmaschine aus der Druckschrift "Technische Unterriechung, Kombiniertes Zünd- und Benzineinspritzsystem mit Lambda-Regelung-Motronik", Robert Bosch GmbH, 1983 bekannt. Dort wird auf Seite 11 eine Schließwinkelsteuerung beschrieben, wobei die über die Schließzeit kontinuierlich erhöhte und zum Zündzeitpunkt erreichte im Magnetfeld der Zündspule gespeicherte Energie, die in erster Näherung proportional zum Quadrat des erreichten Primärstromwerts ist, in Abhängigkeit von einem Kennfeld verändert wird. Dabei ist das Kennfeld eine Funktion der Batteriespannung und der Motordrehzahl.

Weiterhin wird in der DE-Patentanmeldung mit dem Aktenzeichen 199 56 381.0 eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Zündung einer Brennkraftmaschine beschrieben, bei dem die Einschaltzeit, d. h. die Zeitdifferenz zwischen der Einschaltflanke in der Signalleitung, die dem Beginn des Stromflusses durch die Primärwicklung entspricht, und dem Zeitpunkt bei dem der Primärstrom einen ersten Schwellwert erreicht, ermittelt wird. Die Einschaltzeit wird anhand der Signale auf der Signalleitung und Signalen auf einer oder mehreren Diagnoseleitungen, die eine Zentralsteuer-  
einheit mit der Zündendstufe verbinden, bestimmt.

## Vorteile der Erfindung

Die erfindungsgemäße Vorrichtung bzw. das erfindungsgemäße Verfahren mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche hat demgegenüber den Vorteil, dass sichergestellt wird, dass es nicht zu einer Überhitzung der Zündendstufe kommt, d. h. das eine maximal zulässige Verlustleistung, die in der Zündendstufe 13 abfällt, nicht überschritten wird, und zum anderen ein ausreichendes Energieangebot für die Zündung vorhanden ist. Dabei hat die Nichtüberschreitung der maximalen Verlustleistung Priorität. Somit kann direkt auf die während der Laufzeit des Motors entstehenden Veränderungen in der Primärwicklung, wie neu entstehende Kurzschlüsse, d. h. Spulen- und Kabelbaumdefekte, reagiert werden. Dabei kann die Regelung in beide Richtungen, d. h. in Richtung einer Erhöhung oder einer Erniedrigung des Energieangebots erfolgen.

Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen der in den unabhängigen Ansprüchen angegebenen Vorrichtung bzw. des angegebenen Verfahrens möglich. Besonders vorteilhaft ist, dass anhand der in der Zündendstufe abfallenden Verlustleistung unter Zuhilfenahme der Temperatur der Umgebung der Zündendstufe die Zündendstufen-Temperatur ermittelbar ist, wobei, um Schaden zu vermeiden, die Zündendstufe dann abgeschaltet werden muß, wenn die Temperatur der Zündendstufe zu hoch ist. Hierbei ist es vorteilhaft, die Temperatur der Umgebung der Zündendstufe mittels eines Temperatursensors zu ermitteln, da so eine sehr genaue Angabe der Umgebungstemperatur möglich ist. Es ist weiterhin vorteilhaft, die Umgebungstemperatur der Zündendstufe anhand eines vorgegebenen Werts oder in Abhängigkeit von bestimmten Betriebszuständen aus einem Kennfeld aus einer Speichereinheit der Zentralsteuereinheit auszulesen, da so kein Temperatursensor benötigt wird. Es ist weiterhin vorteilhaft, bei vorhandenem Temperatursen-

sor die Kennfeldabhängigkeit der Umgebungstemperatur der Zündendstufe zur Überprüfung der Funktionstüchtigkeit des Temperatursensors heranzuziehen und im Fehlerfall die Umgebungstemperaturermittlung des Sensors durch das Kennfeld zu ersetzen. Weiterhin ist es vorteilhaft, anhand der ermittelten Temperatur der Primärwicklung die durch Leitungs- und Windungswiderstände, die temperaturabhängig sind, verbrauchte Verlustleistung zu berechnen und diese bei der Bereitstellung des Energieangebots zu berücksichtigen. Weitere vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen sind der unten stehenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele zu entnehmen.

## Zeichnungen

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in Zeichnungen dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen

**Fig. 1** eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur Regelung des Energieangebots in der Primärwicklung einer Brennkraftmaschinen-Zündspule,

**Fig. 2** ein schematisches Ersatzschaltbild für die Primärwicklung einer Zündspule zusammen mit einem Anschluß an die Batteriespannung und einem steuerbaren Schalter,

**Fig. 3** ein weiteres Ausführungsbeispiel für eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur Regelung des Energieangebots in der Primärwicklung einer Brennkraftmaschinen-Zündspule und

**Fig. 4** ein Diagramm, in dem der Primärstrom als Funktion der Zeit aufgetragen ist.

## Beschreibung der Ausführungsbeispiele

In **Fig. 1** ist eine Vorrichtung zur Regelung des Energieangebots in der Primärwicklung einer Brennkraftmaschinen-Zündspule schematisch dargestellt. Dabei enthält der Zündkreis 2 für jeden Zylinder der Brennkraftmaschine eine Zündspule mit einer Primärwicklung 4 und einer Sekundärwicklung 7, wobei die eine Seite der Sekundärwicklung 7 an Masse angeschlossen ist und die andere Seite der Sekundärwicklung 7 mit einer Elektrode der Zündkerze 10 verbunden ist. Die andere Elektrode der Zündkerze 10 ist an Masse angeschlossen. Die eine Seite der Primärwicklung 4 ist mit der Batteriespannung ( $U_{ba}$ ) 9 verbunden. Die andere Seite der Primärwicklung 4 ist mit einem steuerbaren Schalter 12 verbunden, wobei der steuerbare Schalter 12 Teil einer Zündendstufe 13 ist. In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel ist der steuerbare Schalter 12 als Leistungstransistor ausgebildet, wobei dann die Primärwicklung 4 mit dem Kollektor des Leistungstransistors verbunden ist. Der andere Ausgang des steuerbaren Schalters ist mit der Masse verbunden, vorzugsweise ist bei Verwendung eines Leistungstransistors als steuerbarer Schalter 12 der Emitter des Leistungstransistors mit der Masse verbunden. Der Steuereingang des steuerbaren Schalters 12, vorzugsweise die Basis des Leistungstransistors, führt über eine Signalleitung 14 zu einer Zentralsteuereinheit 16. Die Zentralsteuereinheit 16 beinhaltet eine Recheneinheit 161, eine Speichereinheit 162, eine Regeleinheit 163 und eine Abschalteinheit 164, wobei die Abschalteinheit 164 über eine Verbindungsleitung 19 mit der Zündendstufe 13 verbunden ist. Die Zündendstufe 13 ist weiterhin über eine Diagnoseleitung 15 mit der Zentralsteuereinheit 16 verbunden.

Soll eine Zündung erfolgen, so wird zunächst von der Zentralsteuereinheit 16 eine Signalfanke über die Signalleitung 14 zur Zündendstufe 13, d. h. zum steuerbaren Eingang des steuerbaren Schalters 12, bei der Ausführung des steuerbaren Schalters 12 als Leistungstransistor vorzugsweise zur

Basis des Leistungstransistors, gesendet. Diese Flanke bewirkt ein Durchschalten des steuerbaren Schalters 12 und einen Stromfluß durch die Primärwicklung 4. Der Strom fließt dabei von dem Anschluß zur Batteriespannung 9 über die Primärwicklung 4, den steuerbaren Schalter 12 zur Masse. Zum Zündzeitpunkt wird über die Signalleitung 14 von der Zentralsteuereinheit 16 eine zweite Flanke zum steuerbaren Schalter 12 gesendet, wobei nun der steuerbare Schalter sperrt. Dadurch wird der Stromfluß in der Primärwicklung 4 unterbrochen und eine Spannung in der Sekundärwicklung 7 induziert, die zum Zünden eines Zündfunken in der Zündkerze 10 führt.

Wie bereits in der Patentanmeldung mit dem Aktenzeichen DE 199 56 381.0 beschrieben wurde, enthält die Zündendstufe 13 signalbildende Elemente, vorzugsweise flankenbildende Elemente, sowie Komparatoren und/oder Sensoren, die Größen der Zündstromkreise, vorzugsweise Primärstrom und Primärspannung, mit Schwellwerten vergleichen können. Vorzugsweise enthält die Zündendstufe 13 einen Komparator, der den Primärstrom, d. h. den Strom durch die Primärwicklung 4 der Zündspule, mit einem ersten Schwellwert 11 vergleicht und zu dem Zeitpunkt, an dem der Primärstrom den ersten Schwellwert 11 überschreitet, durch das ebenfalls in der Zündendstufe 13 vorhandene flankenbildende Element eine Flanke auf die Diagnoseleitung 15 schickt, die über die Diagnoseleitung 15 zur Zentralsteuereinheit 16 gelangt. Die Zentralsteuereinheit 16 beinhaltet weiterhin eine zeitverarbeitende Einheit, die Signale auf der Signalleitung und Signale auf der Diagnoseleitung mit einer Zeitzähleinheit vergleicht und somit Zeitabstände ermitteln kann.

Der Verlauf des Primärstroms soll noch einmal anhand des in Fig. 4 dargestellten Diagramms, bei dem der Primärstrom als Funktion der Zeit aufgetragen ist, erläutert werden. Zu einem Zeitpunkt T1 wird durch eine Flanke auf der Signalleitung der steuerbare Schalter 12 geschlossen und somit ein Stromfluß durch die Primärwicklung 4 der Zündspule eingeschaltet. Dieser Strom steigt wie dargestellt mit der Zeit an und überschreitet zu einem Zeitpunkt T3 einen ersten Schwellwert I1. Der in der Zündendstufe 13 vorhandene Komparator vergleicht den Primärstrom mit diesem ersten Schwellwert I1. Wie bereits erläutert, wird dann, wenn dieser erste Schwellwert I1 überschritten ist, von dem in der Zündendstufe 13 enthaltenen signalbildenden Element ein Signal über die Diagnoseleitung 15 zur Zentralsteuereinheit 16 geschickt, vorzugsweise wird von einem flankenbildenden Element der Zündendstufe 13 eine Flanke über die Diagnoseleitung 15 zur Zentralsteuereinheit 16 geschickt.

Die Zentralsteuereinheit 16 nimmt dann mit einer zeitverarbeitenden Einheit eine Vergleich der Signale auf der Signalleitung 14 und auf der Diagnoseleitung 15 mit einer Zeitzähleinheit vor, insbesondere wird der Zeitraum zwischen der Flanke auf der Signalleitung 14, die ein Durchschalten des steuerbaren Schalters 12 bewirkt, und der Flanke, die auf der Diagnoseleitung 15 durch das Überschreiten eines ersten Schwellwerts des Primärstroms auf der Diagnoseleitung 15 zur Zentralsteuereinheit gelangt, ermittelt. Diese Zeit wird im weiteren als Einschaltzeit bezeichnet und entspricht der Zeit  $t3 - t1$  in Fig. 4.

Für eine Brennkraftmaschine mit mehreren Zylindern ist für jeden Zylinder ein Zündkreis 2 vorgesehen, wobei jeder Zündkreis mit einer Signalleitung mit der Zentralsteuereinheit verbunden ist. Für jede Zündendstufe 13 eines jeden Zylinders existiert eine Diagnoseleitung 15, die von der jeweiligen Zündendstufe 13 ausgeht. Die von der Zündendstufe 13 eines jeden Zylinders ausgehende Diagnoseleitung 15 kann entweder direkt mit der Zentralsteuereinheit 16 verbunden sein oder in einem bevorzugten Ausführungsbei-

spiel über einen nicht dargestellten Verknüpfungsbaustein geführt werden, bei dem die Diagnoseleitungen mehrerer Zylinders zu einer Diagnoseleitung verbunden werden, wobei der Verknüpfungsbaustein dann wiederum über eine Verknüpfungsdiagnoseleitung mit der Zentralsteuereinheit 16 verbunden ist. Im Verknüpfungsbaustein werden die eingehenden Diagnosesignale von jedem Zylinder in zeitlich richtiger Reihenfolge verknüpft. Die Verknüpfung ist ausführlich in der Patentanmeldung mit dem Aktenzeichen DE 199 56 381.0 beschrieben.

In Fig. 2 ist ein Ersatzschaltbild für die Primärwicklung 4 der Zündspule dargestellt. Ebenfalls dargestellt sind die Anschlüsse 9 zur Batteriespannung  $U_{bat}$  und der steuerbare Schalter 12 sowie die Verknüpfung zwischen dem steuerbaren Schalter 12 und der Primärwicklung 4. Die in der Primärwicklung 4 vorhandenen Widerstände und Induktivitäten lassen sich durch eine von der Batteriespannung zum steuerbaren Schalter 12 in Reihe geschaltene Streuinduktivität 47 einen Leitungs- und Windungswiderstand 45 und eine Wirkinduktivität 41 darstellen. Parallel zur Wirkinduktivität ist weiterhin ein Kurzschlusswiderstand 43 vorhanden, der die über die Betriebszeit der Primärwicklung 4 veränderlichen ohmschen Widerstände repräsentiert. Die Streuinduktivität 47 sowie der Leitungs- und Windungswiderstand 45 sind aus den Daten der Primärspule bekannt. Durch die Streuinduktivität 47 sowie durch den Leitungs- und Windungswiderstand 45 fließt der Primärstrom  $I_p$  48. Dieser Primärstrom wird durch die Wirkinduktivität 41 und den dazu parallel geschalteten Kurzschlusswiderstand 43 aufgeteilt in einen Wirkstrom  $I_h$ , der durch die Wirkinduktivität 41 fließt, und einen Kurzschlussstrom, der durch den Kurzschlusswiderstand 43 fließt. Die Summe beider Ströme erzeugt in der Zündendstufe 13 eine Verlustleistung. In der Wirkinduktivität 41 wird außerdem die sogenannte Wirkenergie, d. h. die Energie, die tatsächlich der Zündkerze 10 für die Zündflamme zur Verfügung steht, erzeugt. Diese wird bestimmt durch den durch die Induktivität fließenden Strom, zu dem Zeitpunkt, bei dem der steuerbare Schalter sperrt. Dabei steigt, wie bereits oben beschrieben, der durch die Induktivität fließende Strom über die Schließzeit kontinuierlich an.

Im Normalzustand, d. h. ohne vorliegende Windungsschlüsse in der Primärspule ist der Kurzschlusswiderstand 43 sehr groß, d. h. es fließt über den Kurzschlusswiderstand 43 nur ein sehr geringer, vernachlässigbarer Strom. Sind jedoch im Fehlerfall Windungsschlüsse vorhanden, sinkt der Wert des Kurzschlusswiderstands 43 und es fließt vor allem kurz nach dem Durchschalten des steuerbaren Schalters 12 zu Beginn der Schließzeit ein großer Strom über den Kurzschlusswiderstand 43. Wird nun der Gesamtstrom, d. h. die Summe der Ströme über die Wirkinduktivität 41 und über den Kurzschlusswiderstand 43, im Fehlerfall betrachtet, dann ist dieser Gesamtstrom vor allem kurz nach dem Durchschalten des steuerbaren Schalters 12 im Vergleich zu dem Normalzustand deutlich erhöht. Dies führt zu einem erhöhten Leistungseintrag in die Zündendstufe 13 im Vergleich zum Normalzustand und damit zu einer Temperaturerhöhung der Zündendstufe 13. Im schlechtesten Fall kann eine Überschreitung einer Maximaltemperatur zu einer Zerstörung der Zündendstufe 13 führen. Weiterhin führt die in dem Kurzschlusswiderstand und in der Zündendstufe 13 verlorengehende Energie bei konstanter Schließzeit gegenüber dem Normalzustand zu einer Reduzierung der Wirkenergie, d. h. die für die Zündung zur Verfügung stehende Energie wird reduziert, was zu Zündaussetzern führen kann.

Anhand der Einschaltzeit, die, wie oben erläutert, in der Zentralsteuereinheit 16 ermittelt wurde und dort zur Verfügung steht, ist es nun möglich, die durch Kurzschlüsse in

den Primärspulenwindungen entstehende Verlustleistung Zündendstufe 13 zu ermitteln. Ebenso kann die Energiereduzierung der Wirkenergie bestimmt werden. Dies kann vorzugsweise dadurch geschehen, dass der ermittelten Einschaltzeit über ein Kennfeld, das außerdem noch von der Batteriespannung  $U_{\text{bat}}$  abhängt, ein Kurzschlusswiderstandswert  $R_{\text{kurz}}$  zugeordnet wird. Dieses Kennfeld ist in der Speichereinheit 162 enthalten. Dabei wird als Batteriespannung  $U_{\text{bat}}$  der Wert eingesetzt, der zu dem jeweiligen Zeitpunkt gemessen wird. Anhand dieses Kurzschlusswiderstandswerts  $R_{\text{kurz}}$  wird dann, ebenfalls über ein batteriespannungsabhängiges Kennfeld die in der Zündendstufe 13 zusätzlich abfallende Verlustleistung und die in der Wirkinduktivität 41 entstehende Wirkenergiereduktion ermittelt. Dieses Kennfelder sind ebenfalls in der Speichereinheit 162 enthalten.

Nach Bestimmung der zusätzlich in der Zündendstufe 13 abfallenden Verlustleistung und der Wirkenergiereduktion wird zunächst überprüft, ob die zusätzlich in der Zündendstufe 13 abfallende Verlustleistung einen Verlustleistungsschwellwert überschreitet. Ist dies der Fall, wird die Zündendstufe 13 des jeweiligen Zylinders abgeschaltet, denn dann besteht die Gefahr, dass die Zündendstufe 13 zerstört wird. Alternativ kann auch eine Reduzierung der Schließzeit vorgenommen werden, da so die Verlustleistung in der Zündendstufe 13 verringert wird. Dabei wird die Zeit zwischen Beginn des Stromflusses durch die Primärwicklung, d. h. dem Durchschalten des steuerbaren Schalters 12, und Abschalten des Stromflusses durch die Primärwicklung, d. h. Sperren des steuerbaren Schalters 12, Schließzeit  $t_{\text{schlie\ss}}$  genannt. Vorzugsweise wird zur Reduzierung der Schließzeit demnach der zeitliche Abstand zwischen der Flanke, die den steuerbaren Schalter 12 durchschaltet, und der Flanke, die den steuerbaren Schalter 12 wieder sperrt, verringert.

Ein Abschalten der Zündendstufe 13 oder eine Reduzierung der Schließzeit kann in einem weiteren Ausführungsbeispiel mit einer Zeitkonstante versehen werden, das bedeutet, dass nach erstmaligem Feststellen der Überschreitung des Verlustleistungsschwellwerts und bei Anhalten dieses Zustands über mehrere Zyklen die Folgehandlung (Abschalten oder Reduktion der Schließzeit) erst nach einer bestimmten Zeit vorgenommen wird, da erst ein längeres Andauern dieses Zustands zu einer Zerstörung der Zündendstufe 13 führt. Vorteilhaft hierbei ist die Vermeidung Zündendstufen-Abschaltungen oder Schließzeitreduktionen, die auf fehlerhaften Verlustleistungs- oder Wirkenergiewerten beruhen.

Wird der Verlustleistungsschwellwert nicht überschritten, dann wird die Schließzeit entsprechend der Wirkenergiereduktion verlängert, so dass aufgrund einer längeren Schließzeit der Strom, der durch die Wirkinduktivität 41 zum Zeitpunkt des Sperrens des steuerbaren Schalters 12 erhöht wird. Somit wird die Wirkenergie erhöht, d. h. der Zündung steht eine höhere Energie zur Verfügung, und die Wirkenergiereduktion wird minimiert. Die Regelung der Schließzeit übernimmt die Regeleinheit 163. Da aufgrund einer verlängerten Schließzeit auch die in der Zündendstufe 13 auftretende zusätzliche Verlustleistung erhöht wird, muss bei jeder Schließzeiterhöhung überprüft werden, ob der Verlustleistungsschwellwert überschritten wird.

In einem weiteren Ausführungsbeispiel wird dann, wenn eine kleinere Reduktion der Wirkenergie ermittelt wird als zu einem früheren Zeitpunkt, eine Verringerung der Schließzeit vorgesehen. Diese Verringerung der Schließzeit wird durch die Regeleinheit 163 durchgeführt. Die Wirkenergie sollte jedoch einen Wirkenergieschwellwert nicht unterschreiten, da dann, wenn die Energie, die der Zündung zur Verfügung steht, zu gering ist, Zündaussetzer auftreten kön-

nen. Dies verursacht eine Verschlechterung der Laufruhe der Brennkraftmaschine.

In weiteren Ausführungsbeispielen wird, anstatt die Schließzeit  $t_{\text{schlie\ss}}$  zu regeln, die von der Regeleinheit 163 die der Primärwicklung zur Verfügung gestellte Spannung geregelt.

In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel wird dabei die Schließzeit oder die der Primärwicklung zur Verfügung gestellte Spannung von der Regeleinheit 163 in kleinen Schritten in die jeweilige gewünschte Richtung verändert.

Einer bestimmten in der Zündendstufe 13 auftretenden zusätzlichen Verlustleistung kann außerdem durch die Zentralsteuereinheit 16 eine Verlustleistungstemperatur zugeordnet werden, die dadurch entsteht, dass in der Zündendstufe 13 ohmsche Wärme frei wird. Diese Verlustleistungstemperatur lässt sich abschätzen und ist in der Speichereinheit 162 als Kennlinie abhängig von dem Kurzschlusswiderstandswert  $R_{\text{kurz}}$  oder abhängig von der zusätzlichen Verlustleistung in der Zündendstufe enthalten. Desweiteren weist die Umgebung des Zündkreises 2 eine bestimmte Umgebungstemperatur auf, die beispielsweise von den Witterungsverhältnissen, der Dauer des Betriebs der Brennkraftmaschine in dem jeweiligen Betriebszyklus sowie von sonstigen in der Nähe des Zündkreises 2 befindlichen thermisch gekoppelten ohmschen Widerständen und einer eventuell vorhandenen Kühlung abhängt. Die Umgebungstemperatur kann in grober Näherung durch einen fest vorgegebenen Wert veranschlagt werden oder, abhängig von bestimmten Betriebszuständen, die beispielsweise durch die Dauer des Betriebs nach Einschalten der Brennkraftmaschine oder von der Temperatur des Kühlwassers am Zylinderkopf charakterisiert wird, in einem Kennfeld in der Speichereinheit 162 der Zentralsteuereinheit 16 vorhanden sein. Weiterhin kann die Umgebungstemperatur aber auch in einem bevorzugten Ausführungsbeispiel über einen, wie in Fig. 3 dargestellt, Temperatursensor 20 in der Nähe des Zündkreises 2 gemessen werden. Der Temperatursensor ist über die Sensorleitung 18 mit der Zentralsteuereinheit 16 verbunden.

Bis auf den Temperatursensor 20 und die Sensorleitung 18 entspricht die in der Fig. 3 dargestellte Vorrichtung zur Regelung des Energieangebots in der Primärwicklung einer Brennkraftmaschinen-Zündspule der in Fig. 1 dargestellten Vorrichtung. Deshalb soll auf die übrigen Bauteile der in Fig. 3 dargestellten Vorrichtung nicht noch einmal eingegangen werden.

In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel wird die vom Temperatursensor (20) mittels der Zentralsteuereinheit (16) daraufhin überprüft, ob der Temperatursensor plausible Werte für die Umgebungstemperatur liefert. Dies kann vorzugsweise dadurch geschehen, dass die vom Temperatursensor (20) ermittelte Temperatur in einem plausiblen Temperaturbereich liegt. Sollten die vom Temperatursensor ermittelten Werte für die Umgebungstemperatur nicht im plausiblen Temperaturbereich liegen, wird angenommen, dass der Temperatursensor (20) oder die Sensorleitung (18) einen Defekt aufweist. Die für die Bestimmung der Temperatur der Zündendstufe verwendeten Werte für die Umgebungstemperatur werden dann aus einem Kennfeld gelesen oder es wird ein fest vorgegebener Wert eingesetzt. Das Kennfeld ist dabei abhängig von bestimmten Betriebszuständen, die beispielsweise durch die Dauer des Betriebs nach Einschalten der Brennkraftmaschine oder von der Temperatur des Kühlwassers am Zylinderkopf charakterisiert werden, in der Speichereinheit 162 der Zentralsteuereinheit 16 vorhanden.

Anhand der Verlustleistungstemperatur und der Umgebungstemperatur lässt sich nun die Temperatur an der Zündendstufe 13 bestimmen. Sie ergibt sich als Summe aus Ver-

lustleistungstemperatur und Umgebungstemperatur. Sie wird durch die Recheneinheit 161 der Zentralsteuereinheit ermittelt. Die Zentralsteuereinheit 16 nimmt nun einen Vergleich der Temperatur der Zündendstufe 13 mit einem Temperaturschwellwert vor. Ist die Temperatur der Primärwicklung größer als der Temperaturschwellwert so ist der Zündkreis überhitzt und es ist eine Abschaltung der Zündendstufe 13 notwendig. Dies wird durch die Abschalteinheit 164, die über eine Verbindungsleitung 19 mit der Zündendstufe 13 verbunden ist, vorgenommen, wobei die Zentralsteuereinheit 16 die Abschaltung der Zündendstufe 13 durch die Abschalteinheit 164 veranlasst.

Auch hier kann in einem bevorzugten Ausführungsbeispiel analog zum Abschalten der Zündendstufe 13 aufgrund der Überschreitung des Verlustleistungsschwellwerts eine Temperatur-Zeitkonstante vorgesehen werden, die die Abschaltung der Zündendstufe 13 noch um eine bestimmte, festgelegte Zeit nach dem erstmaligen Feststellen der Überschreitung des Temperaturschwellwertes verschoben werden.

Bei einer Temperaturerhöhung der Zündendstufe 13 kommt es weiterhin zu einer Erhöhung der Leitungs- und Windungswiderstände 45 der Primärspule. Dies führt dazu, dass über die Leitungs- und Windungswiderstände 45 mehr Verlustleistung abgeführt wird als im kalten Zustand. Dazu ist es notwendig, die Schließzeit proportional zur Temperatur der Primärwicklung 4 zu verlängern. Dies kann vorzugsweise dadurch geschehen, dass in der Speichereinheit 162 eine Kennlinie vorhanden ist, die einen Schließzeitverlängerungswert  $t_{\text{verlang}}$  abhängig von der Temperatur der Primärwicklung bereitstellt. Dieser Schließzeitverlängerungswert  $t_{\text{verlang}}$  wird zu der Schließzeit  $t_{\text{schlie\ss}}$  addiert, die sich aus der oben beschriebenen Regelung der Schließzeit in Bezug auf die zusätzliche Verlustleistung der Zündendstufe und in Bezug auf die Wirkenergie ergibt.

Bei einer konstanten Schließzeit kann in einem weiteren Ausführungsbeispiel eine systematische, streng kontinuierliche Verlängerung der Einschaltzeit beobachtet werden und anhand dieser eine thermisch bedingte Erhöhung des ohmschen Widerstands der Primärwicklung der Spule geschätzt werden.

In einem weiteren Ausführungsbeispiel können aufgrund erhöhter Temperatur erhöhten Leitungs- und Windungswiderstände dadurch kompensiert werden, dass die an der Primärwicklung anliegende Spannung erhöht wird.

In einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel können die oben beschriebenen Vorrichtungen bzw. Verfahren auch auf eine Brennkraftmaschine mit mehreren Zylindern übertragen werden. Bei einer Brennkraftmaschine mit mehreren Zylindern ist jedem Zylinder ein Zündkreis 2 zugeordnet, der über je eine Signalleitung 14 mit der Zentralsteuereinheit 16 verbunden ist. Von der Zündendstufe 13 eines jeden Zylinders geht eine Diagnoseleitung 15 aus, über die die Zündendstufe 13 mit der Zentralsteuereinheit verbunden ist und über die eine Übermittlung der Diagnosesignale erfolgen kann. Eine vorzugsweise Verknüpfung mehrerer Diagnoseleitungen zu einer Verknüpfungsdiagnoseleitung wurde bereits oben beschrieben. Für eine Brennkraftmaschine mit mehreren Zylindern wird vorzugsweise die zusätzliche Verlustleistung der Zündendstufe 13 bzw. die Wirkenergiereduktion jedes Zylinders zylinderindividuell und somit die Schließzeitregelung auch zylinderindividuell vorgenommen. Damit wird vorzugsweise auch die Temperatur der Zündendstufe 13 zylinderindividuell ermittelt, woraus sich bei Überschreiten des Verlustleistungsschwellwerts bzw. des Temperaturschwellwerts eine zylinderindividuelle Abschaltung der betroffenen Zündendstufe 13 ergibt. Vorzugsweise wird ebenfalls der Schließzeitverlängerungswert

$t_{\text{verlang}}$ , der sich aus der temperaturbedingten Erhöhung des Leitungs- und Windungswiderstands ergibt, zylinderindividuell ermittelt und zu der Schließzeit  $t_{\text{schlie\ss}}$  addiert.

In einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel kann sich die zeitverarbeitende Einheit, die die Ermittlung der Einschaltzeit aus den Signalen der Signalleitung 14 oder den Signalleitungen 14 und den Signalen der Diagnoseleitung 15 oder den Diagnoseleitungen 15 oder der Verknüpfungsdiagnoseleitung oder den Verknüpfungsdiagnoseleitungen übernimmt, auch separat von der Zentralsteuereinheit 16 angeordnet sein.

In einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel ist die mittlere Verlustleistung in der Zündendstufe abhängig von anderen Betriebsparametern, vorzugsweise von der Drehzahl. Somit ist die zusätzliche Verlustleistung der Zündendstufe ebenfalls abhängig von anderen Betriebsparametern (zusätzlich zu der Batteriespannungs-Abhängigkeit), vorzugsweise von der Drehzahl. Diese Betriebsparameterabhängigkeit wird durch ein Kennfeld gewährleistet, das in der Speichereinheit 162 enthalten ist.

In einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel ist die Verlustleistungstemperatur, die in der Speichereinheit 162 in einem Kennfeld vorhanden ist, abhängig von dem Kurzschlusswiderstandswert  $R_{\text{kurz}}$  und weiteren Parametern, vorzugsweise abhängig von der Umgebungstemperatur oder von der Zeit, die seit dem Start der Brennkraftmaschine vergangen ist, oder von der Temperatur des Zylinderkopf-Kühlwassers enthalten.

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Regelung des Energieangebots für die Zündung in einer Brennkraftmaschine mit einer Zündspule und einer Zentralsteuereinheit (16), wobei die Zündspule eine Primärwicklung (4) und eine mit der Primärwicklung (4) verbundene Zündendstufe (13) aufweist, wobei durch die Zentralsteuereinheit (16) eine Zeitdifferenz zwischen Beginn des Stromflusses durch die Primärwicklung (4) und Erreichen eines ersten Schwellwertes des Primärstroms ermittelbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass durch die Zentralsteuereinheit (16) anhand der Zeitdifferenz eine durch Windungsschlüsse in der Primärwicklung (4) hervorgerufene zusätzliche Verlustleistung der Zündendstufe (13) und/oder Wirkenergiereduktion bestimmbar ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, dass bei Überschreitung eines Verlustleistungsschwellwerts durch die zusätzliche Verlustleistung der Zündendstufe (13), die durch die Zentralsteuereinheit (16) feststellbar ist, die Zündendstufe (13) durch eine mit der Zündendstufe verbundene Abschalteinheit (164) abschaltbar ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, dass bei Überschreitung eines Verlustleistungsschwellwerts durch die zusätzliche Verlustleistung der Zündendstufe (13), die durch die Zentralsteuereinheit (16) feststellbar ist, die Wirkenergie reduzierbar ist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, dass die Wirkenergie durch eine Regeleinheit (163) der Zentralsteuereinheit (16) regelbar ist, so dass die Wirkenergiereduktion minimal ist.
5. Vorrichtung nach Anspruch 3 dadurch gekennzeichnet, dass die Regelgröße der Wirkenergie die Schließzeit darstellt.
6. Vorrichtung nach Anspruch 3 dadurch gekennzeichnet, dass die Regelgröße der Wirkenergie die Spannung darstellt.
7. Vorrichtung nach Anspruch 3 dadurch gekennzeichnet,

net, dass durch die Regeleinheit (163) die Regelung der Wirkenergie in Schritten durchführbar ist und nach jedem Regelschritt mittels der Zentralsteuereinheit (16) eine Überschreitung des Verlustleistungsschwellwerts durch die zusätzliche Verlustleistung der Zündendstufe 5 überprüfbar ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 3 dadurch gekennzeichnet, dass nach jedem Regelschritt, der mit einer Verringerung der Wirkenergie verbunden ist, mittels der Zentralsteuereinheit (16) eine Unterschreitung 10 eines Wirkenergiewerts durch die Wirkenergie überprüfbar ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, dass durch die Zentralsteuereinheit (16) eine der zusätzlichen Verlustleistung der Zündendstufe (13) 15 entsprechende Verlustleistungstemperatur ermittelbar ist, sodass eine Temperatur der Zündendstufe (13) als Summe aus der Verlustleistungstemperatur und einer Umgebungstemperatur ermittelbar ist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 8 dadurch gekennzeichnet, dass die Zentralsteuereinheit (16) mit einem Temperatursensor (20) verbunden ist, sodass die Um- 20 gebungstemperatur ermittelbar ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 8 dadurch gekennzeichnet, dass die Umgebungstemperatur entweder als ein fest vorgegebener Wert oder in Abhängigkeit von Betriebszuständen in einem Kennfeld in der Speicher- 25 einheit (162) der Zentralsteuereinheit (16) vorhanden ist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 10 dadurch gekennzeichnet, dass die das Kennfeld der Umgebungstemperatur bestimmende Betriebszustände durch die Zeit nach dem Einschalten der Brennkraftmaschine oder durch die Temperatur des Kühlwassers charakterisiert 30 werden.

13. Vorrichtung nach Anspruch 8 dadurch gekennzeichnet, dass die Zentralsteuereinheit (16) eine Abschalteneinheit (164) aufweist, die mit der Zündendstufe (13) verbunden ist, sodass dann, wenn die Temperatur der Zündendstufe einen Temperaturschwellwert überschreitet, die Zündendstufe (13) abschaltbar ist. 35

14. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 12 dadurch gekennzeichnet, dass die Abschaltung der Zündendstufe durch die Abschalteneinheit (164) erst nach einer bestimmten, fest vorgegebenen Zeit nach der Feststellung der Überschreitung des Verlustleistungsschwellwerts oder des Temperaturschwellwerts vornehmbar ist. 40

15. Verfahren zur Regelung des Energieangebots für die Zündung in einer Brennkraftmaschine mit einer Zündspulen und einer Zentralsteuereinheit (16), wobei die Zündspule eine Primärwicklung (4) aufweist, die mit einer Zündendstufe (13) verbunden ist, mit folgenden Verfahrensschritten: 45

a) Bestimmung einer Zeitdifferenz zwischen Beginn des Stromflusses durch die Primärwicklung (4) und Erreichen eines ersten Schwellwertes des Primärstroms durch die Zentralsteuereinheit (16), dadurch gekennzeichnet, dass 50

b) eine durch Windungsschlüsse in der Primärwicklung (4) hervorgerufene zusätzliche Verlustleistung in der Zündendstufe (13) und/oder Wirkenergiereduktion anhand der Zeitdifferenz mittels der Zentralsteuereinheit (16) bestimmt wird. 55

16. Verfahren nach Anspruch 14 dadurch gekennzeichnet, dass dann, wenn mittels der Zentralsteuereinheit (16) eine Überschreitung eines Verlustleistungsschwellwerts durch die zusätzliche Verlustleistung der Zündendstufe (13) festgestellt wird, die Zündendstufe 60

(13) durch eine mit der Zündendstufe (13) verbundenen Abschalteneinheit (164) abgeschaltet wird.

17. Verfahren nach Anspruch 14 dadurch gekennzeichnet, dass dann, wenn mittels der Zentralsteuereinheit (16) eine Überschreitung eines Verlustleistungsschwellwerts durch die zusätzliche Verlustleistung der Zündendstufe (13) festgestellt wird, die Wirkenergie verringert wird.

18. Verfahren nach Anspruch 14 dadurch gekennzeichnet, dass die Wirkenergie durch eine Regeleinheit (163) der Zentralsteuereinheit (16) so geregelt wird, dass die Wirkenergiereduktion minimiert wird.

19. Verfahren nach Anspruch 17 dadurch gekennzeichnet, dass die Regelgröße der Wirkenergie die Schließzeit darstellt.

20. Verfahren nach Anspruch 17 dadurch gekennzeichnet, dass die Regelgröße der Wirkenergie die Spannung darstellt.

21. Verfahren nach Anspruch 17 dadurch gekennzeichnet, dass durch die Regeleinheit (163) die Regelung der Wirkenergie in Schritten durchgeführt wird und nach jedem Regelschritt mittels der Zentralsteuereinheit (16) eine Überschreitung des Verlustleistungsschwellwerts durch die zusätzliche Verlustleistung der Zündendstufe überprüft wird.

22. Verfahren nach Anspruch 16 oder 17 dadurch gekennzeichnet, dass nach jedem Regelschritt, bei dem die Wirkenergie reduziert wird, mittels der Zentralsteuereinheit (16) eine Unterschreitung eines Wirkenergiewerts durch die Wirkenergie überprüft wird.

23. Verfahren nach Anspruch 14 dadurch gekennzeichnet, dass aus der zusätzlichen Verlustleistung der Zündendstufe (13) eine Verlustleistungstemperatur und daraus die Temperatur der Zündendstufe (13) ermittelt wird, wobei sich die Temperatur der Zündendstufe (13) als Summe aus der Verlustleistungstemperatur und einer Umgebungstemperatur ergibt.

24. Verfahren nach Anspruch 22 dadurch gekennzeichnet, dass die Umgebungstemperatur sich aus einem fest vorgegebenen Wert ergibt oder aus einem Kennfeld in Abhängigkeit von Betriebszuständen der Brennkraftmaschine bestimmt oder anhand eines Temperatursensors ermittelt wird.

25. Verfahren nach Anspruch 22 dadurch gekennzeichnet, dass dann, wenn die Temperatur der Zündendstufe einen bestimmten, vorgebbaren Temperaturschwellwert überschreitet, die Zündendstufe (13) durch die Abschalteneinheit (164) abgeschaltet wird.

26. Verfahren nach Anspruch 22 dadurch gekennzeichnet, dass anhand der Temperatur Zündendstufe die zusätzliche durch eine erhöhte Temperatur bedingte ohmsche Verlustleistung von Leitungs- und Windungswiderständen (45) durch die Zentralsteuereinheit (16) ermittelt und diese durch eine Verlängerung der Schließzeit berücksichtigt wird.

27. Verfahren nach Anspruch 23 dadurch gekennzeichnet, dass bei einem Defekt des Temperatursensors (20) die Umgebungstemperatur sich aus einem fest vorgegebenen Wert ergibt oder aus einem Kennfeld in Abhängigkeit von Betriebszuständen der Brennkraftmaschine gelesen wird.

28. Verfahren nach Anspruch 15 oder 24 dadurch gekennzeichnet, dass die Abschaltung der Zündendstufe durch die Abschalteneinheit (164) erst nach einer bestimmten, fest vorgegebenen Zeit nach der Feststellung der Überschreitung des Verlustleistungsschwellwerts



oder des Temperaturschwellwerts vorgenommen wird.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

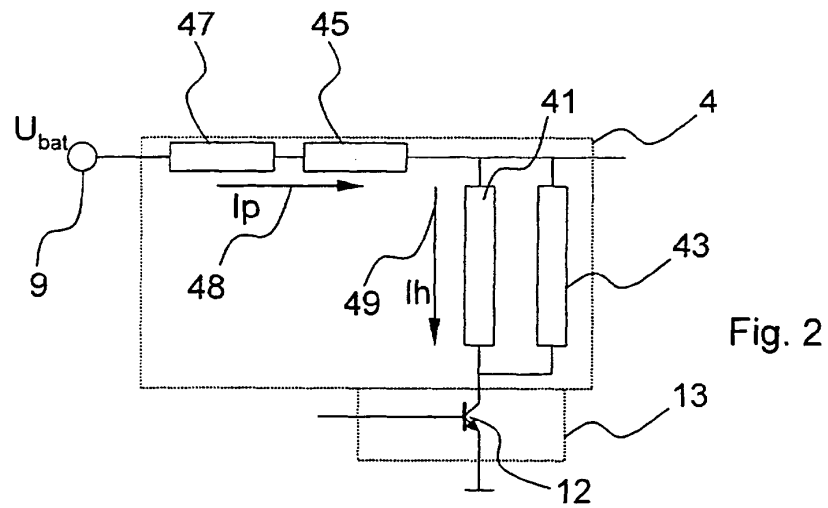
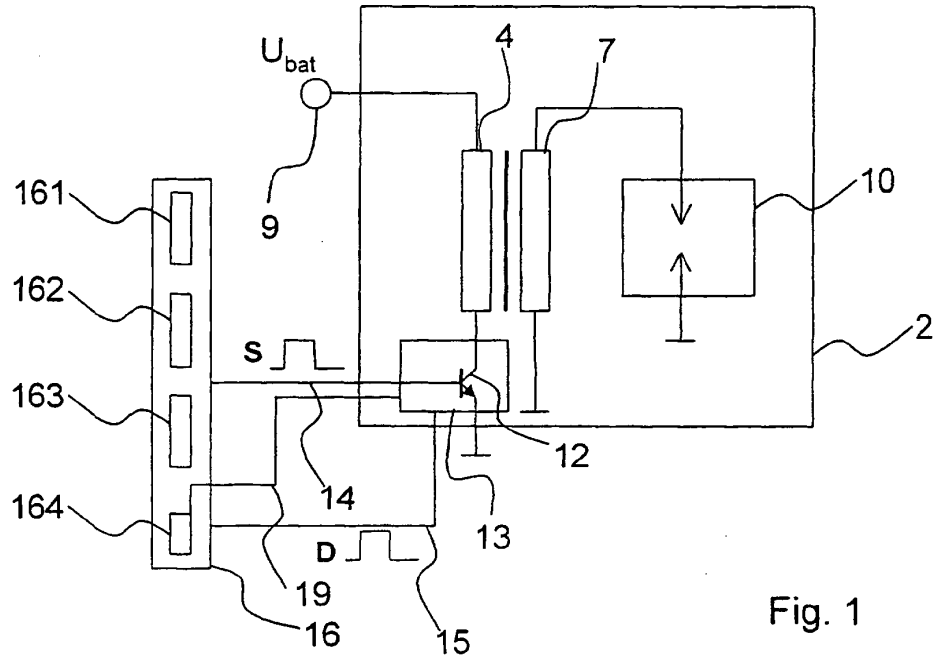
55

60

65

- Leerseite -

**PAGE BLANK (USPTO)**



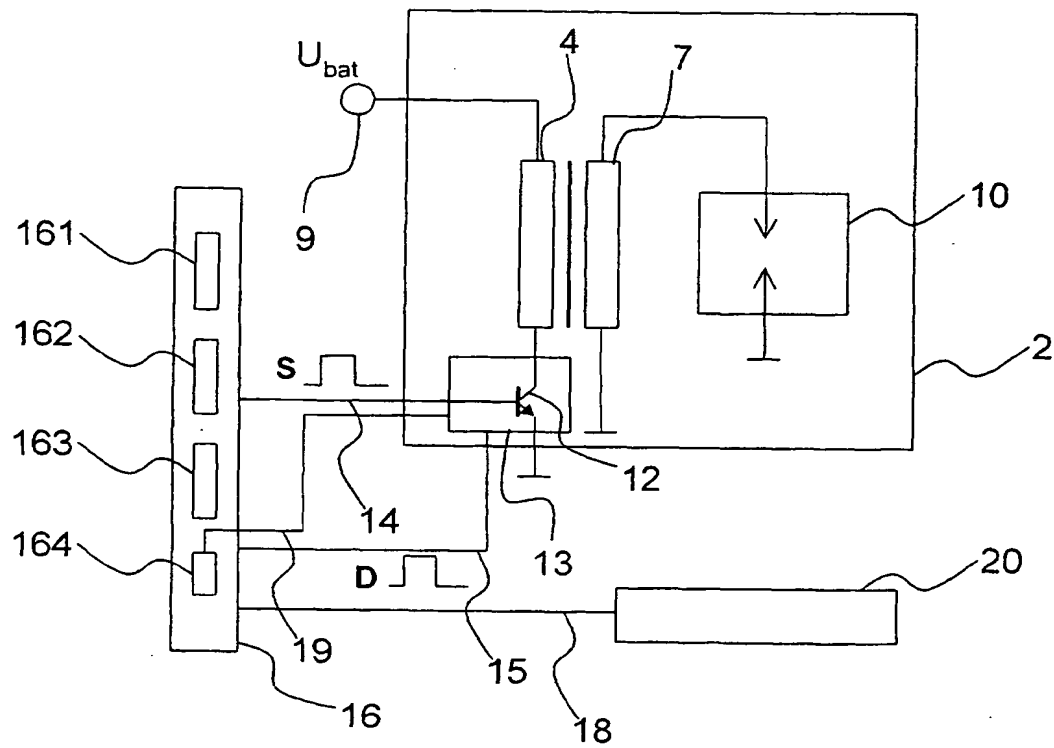


Fig. 3

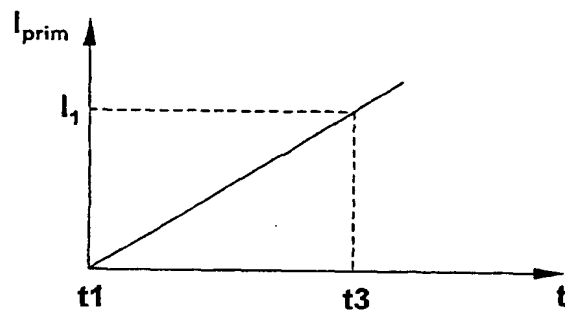


Fig. 4